

Artur Warchol

**APLIKACJA WSPÓŁCZYNNIKA INTENSYWNOŚCI
DO KLASYFIKACJI POKRYCIA TERENU
NA OBSZARACH ROLNICZYCH**

***APPLICATION SIGNAL INTENSITY
FOR THE CLASSIFICATION OF LAND COVER
IN AGRICULTURAL AREAS***

Streszczenie

Technika skaningu lotniczego jest pręźnie rozwijającą się metodą szybkiego pozyskiwania informacji przestrzennej. Dane pozyskiwane z pokładu lecącego samolotu lub helikoptera, oprócz trzech współrzędnych (X, Y, Z) często wzbogacone są również o rejestrowaną wartość energii, która została odbita od konkretnej powierzchni. W ten sposób oprócz odwzorowania geometrycznego rzeczywistości otrzymujemy również obraz zróżnicowania powierzchni odbijających promień lasera.

Słowa kluczowe: współczynnik intensywności, LIDAR, pokrycie terenu

Summary

Airborne laser scanning is rapidly developing a fast method for obtaining spatial information. Data obtained from the aeroplane or helicopter, besides the three coordinates (X, Y, Z) are often enriched also recorded the amount of energy that is reflected from the different surfaces. In this way, besides the geometric representation of reality we get the image of diversity surfaces, which in different ways reflect the laser beam.

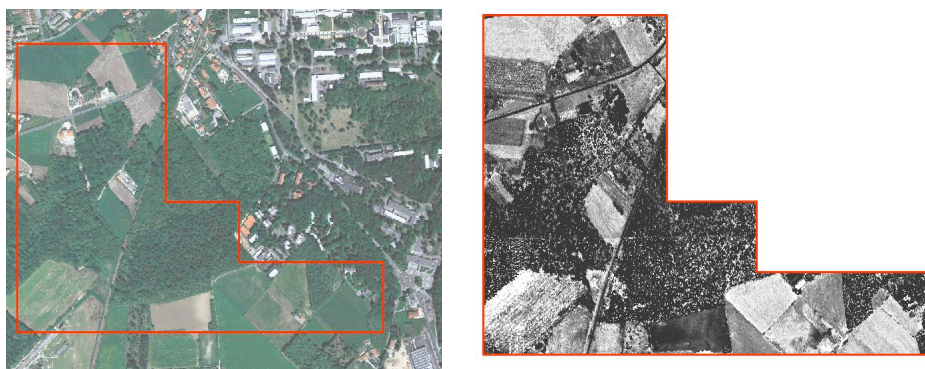
Key words: intensity, LIDAR, land cover

WSTĘP

Współczynnik intensywności odbicia jest dodatkowym atrybutem, który posiadają punkty zarejestrowane podczas nalotu lidarowego. Różnorodność z jaką laser odbija się od różnych powierzchni można wykorzystać do uzupełnienia, bądź wzbogacenia zbioru informacji. Pomimo wielu prowadzonych badań nie udało się do tej pory określić niezawodnych reguł, które pozwalałyby na automatyczne wykorzystanie współczynnika intensywności, np. do identyfikacji gatunków roślin [Adamczyk, Będkowski 2007].

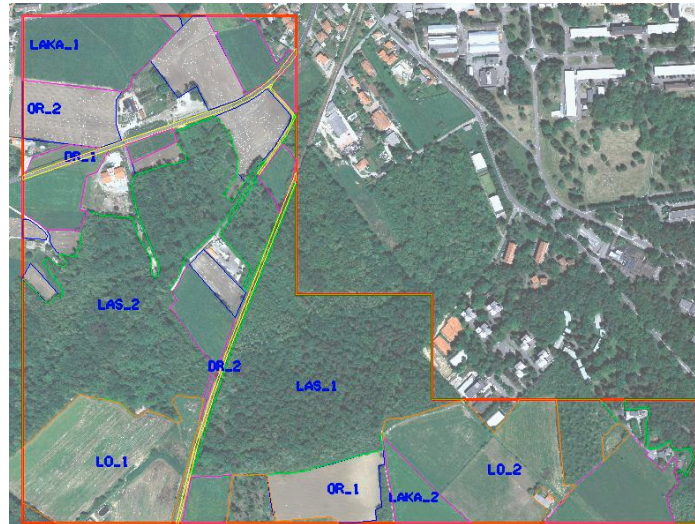
DANE I METODYKA BADAWCZA

Materiał do badań stanowiły dane zarejestrowane podczas nalotu LIDAR przeprowadzonego w kwietniu 2005 r., zapisane w formacie ASCII, w postaci współrzędnych (X, Y, Z) punktów pierwszego i ostatniego odbicia oraz intensywności odbitego sygnału. Średnia gęstość punktów wynosiła ok. 2 pkt/m². Obszar badań to ok. 65 ha (rys. 1) w okolicach Joint Research Center – Ispra (Włochy). Ilość punktów wykorzystywanych podczas testów wynosi ok. 1,1 miliona.



Rysunek 1. Obszar badań na tle ortofotomapy (lewa) oraz chmura punktów kolorowana wg intensywności (prawa)

Na podstawie kolorowej ortofotomapy zlokalizowano i zwektoryzowano pięć różnych typów pokrycia terenu: las, łąka, pole orne (bez uprawy), droga oraz pole orne z uprawą niewielkim pokryciem roślinnym. Z tak podzielonego obszaru badań wybrano po dwa podzbiory dla każdego typu pokrycia terenu: las_1, las_2, laka_1, laka_2, or_1, or_2, dr_1, dr_2, lo_1 oraz lo_2.



Rysunek 2. Podzbiory testowe (niebieskie napisy) oraz zwektoryzowane zasięgi poszczególnych typów pokrycia terenu (linie żółte, niebieskie, zielone, pomarańczowe oraz fioletowe) na tle ortofotomapy

Całość prac związanych z danymi LIDAR przeprowadzono w środowisku MicroStation 2004 firmy Bentley wraz z dodatkową aplikacją MDL (MicroStation Development Language) TerraScan firmy TerraSolid. Po wczytaniu chmury punktów usunięto ok. 800 punktów uznanych za obciążone błędem grubym – położone zbyt nisko w stosunku do pozostałych. Następnie punkty z obszarów testowych wyeksportowano do plików tekstowych i dokonano obróbki w arkuszu kalkulacyjnym Excel.

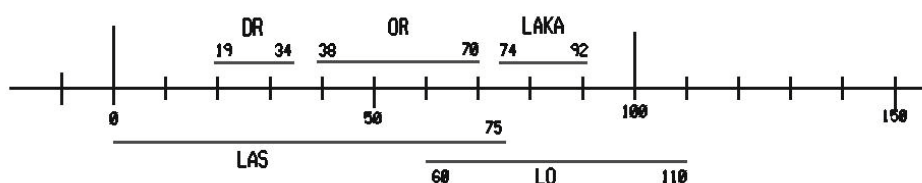
Dla wszystkich podzbiorów sporządzono histogramy (rys. 5–7) oraz obliczono parametry charakterystyczne, które zestawiono w tabeli 2. Ze względu na dużą liczebność podzbiorów, możliwość występowania punktów znacznie oddalonych od wartości średniej, oraz mając na uwadze „wrażliwość” odchylenia standardowego i wartości średniej, obliczono również kwartyle oraz rozstęp międzykwartyłowy [Larose 2006].

Aby przeprowadzić klasyfikację na podstawie współczynnika intensywności należało wyznaczyć przedziały wartości współczynnika reprezentujące poszczególne typy pokrycia terenu. W tym celu poddano analizie histogramy oraz dane z tabeli 1 i zaproponowano konstrukcję przedziału na podstawie wzoru (1):

$$\langle Q_1 - 0.5 * IQR, Q_3 + 0.5 * IQR \rangle \quad (1)$$

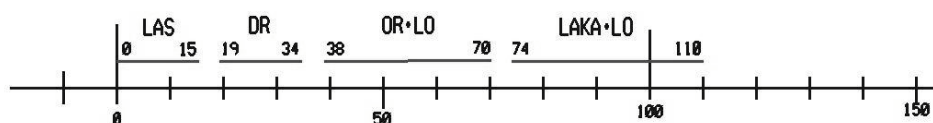
gdzie: Q_1 – pierwszy kwartył, Q_3 – trzeci kwartył
 IQR – rozstęp międzykwartyłowy liczony jako $Q_3 - Q_1$

Obliczone w ten sposób przedziały współczynnika intensywności dla poszczególnych typów pokrycia terenu zestawiono na rysunku 3.



Rysunek 3. Przedziały współczynnika intensywności dla typów pokrycia terenu obliczone wg wzoru (1) – etap 1

Ze względu na swą naturę najłatwiejsze do wyodrębnienia wydają się być obszary dróg oraz pól ornych, gdyż mają tylko jedno odbicie oraz niską wartość odchylenia standardowego. O stopień bardziej złożone są obszary łąk, gdzie pomimo, iż na ortofotomapie widać gęstą roślinność zieloną zdarzają się już drugie odbicia, co przekłada się na „zazumienie” odbić od roślinności zielonej odbiciami od gruntu. Najbardziej zróżnicowanymi zbiorami są tereny leśne. Składają się one w głównej mierze z wysokiej roślinności zielonej (drzewa – bardzo niski współczynnik odbicia), ale również średniej i niskiej roślinności (podobnie jak typ łąka) oraz odbić od gruntu. Powoduje to trudności w geometrycznym wydzieleniu punktów o podobnych wartościach intensywności, gdyż są one „wymieszane”. Aby usprawnić proces klasyfikacji wyróżniono dodatkowy typ pokrycia terenu „łąka/orne” oznaczony jako „lo”. Wartości graniczne podzbiorów „dr”, „or” i „laka” jako najmniej złożonych (najbardziej jednolitych) oraz nieposiadających części wspólnych zostały przyjęte tak, jak wyliczono ze wzoru (1). Bardziej złożony podzbiór „las” po analizie histogramu „obcięto” do wartości maksymalnej 15. Natomiast podzbiór „lo” zsumowano ze zbiorami „or” i „laka” jak na rysunku 4.



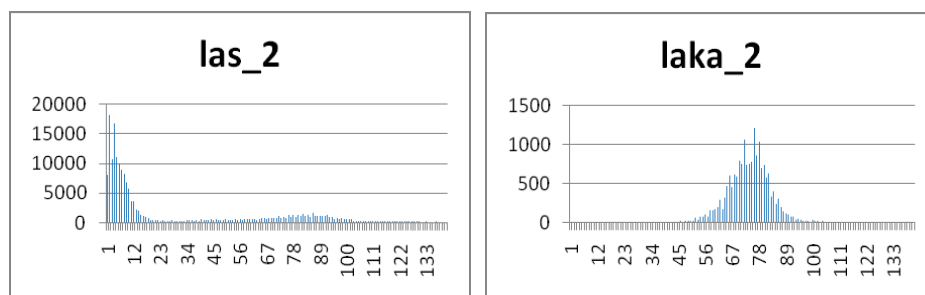
Rysunek 4. Przedziały współczynnika intensywności dla typów pokrycia terenu – etap 2

Aby nie pozostawiać punktów niezaklasyfikowanych odległości pomiędzy zbiorami (15 do 19, 34 do 38 oraz 70 do 74) podzielono na pół i dołączono do sąsiadujących zbiorów.

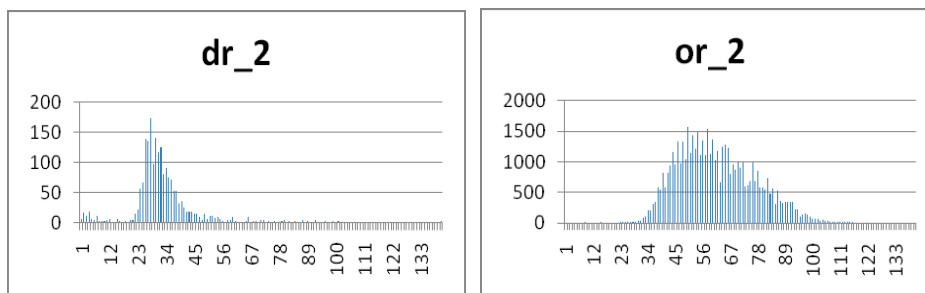
Dla tak wydzielonych części chmury punktów wygenerowano obrysy obszarów wg parametrów specyficznych dla każdego ze zbiorów. Obrysy te porównano z granicami wektoryzowanymi z ortofotomapy.

WYNIKI I DYSKUSJA

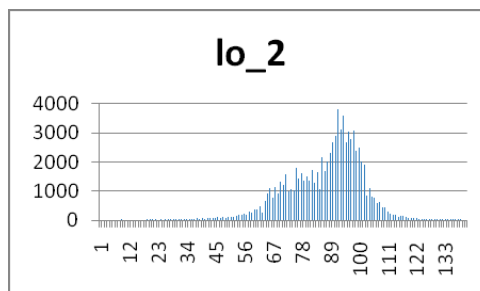
Poniżej zaprezentowano histogramy współczynnika intensywności dla wybranych obszarów testowych.



Rysunek 5. Histogramy współczynnika intensywności dla typu pokrycia „las” oraz „laka”.



Rysunek 6. Histogramy współczynnika intensywności dla typu pokrycia „droga” oraz „orne”



Rysunek 7. Histogram współczynnika intensywności dla typu pokrycia „laka/orne”

W poniższej tabeli (tab. 1) zestawiono parametry, które obliczono dla wszystkich podzbiorów danych, czyli wartość minimalną (kol. 3), wartość maksymalną (kol. 4), wartość średnią (kol. 5), odchylenie standardowe (kol. 6), kwantyle $Q_1 \dots Q_4$ (kol. 7–10) oraz rozstęp międzykwartyłowy (kol. 11). W ostatnich dwóch kolumnach podano wartości górnej i dolnej granicy przedziału obliczonej ze wzoru (1) dla każdego z pól testowych. Natomiast w tabeli 2 zaprezentowano przejście od wartości przedziału obliczonych (np. las jako średnia las_1 i las_2), poprzez poprawione (zaokrąglono do całości oraz usunięto wartości ujemne), aż do wartości ostatecznych (wg rysunku 4 i opisu).

Tabela 1. Zestawienie parametrów charakteryzujących współczynnik intensywności w poszczególnych zbiorach danych

Obiekt	min	max	śred	odch stand	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	IQR	Granice przedziału	
										dolna	górna
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
las_1	1	138	27.4	32.5	4	9	48	138	44	-18	70
las_2	1	137	27.4	33.3	4	8	54	137	50	-21	79
laka_1	23	122	89.4	10.9	87	92	95	122	8	83	99
laka_2	40	128	74.2	9.0	69	75	79	128	10	64	84
dr_1	10	94	24.2	13.0	18	21	24	94	6	15	27
dr_2	1	220	33.0	13.9	27	31	36	220	9	22,5	40,5
or_1	13	121	47.0	8.7	41	46	51	121	10	36	56
or_2	9	116	61.6	15.3	50	60	72	116	22	39	83
lo_1	9	139	80.7	22.8	66	83	97	139	31	50,5	112,5
lo_2	9	139	87.2	14.4	78	90	97	139	19	68,5	106,5

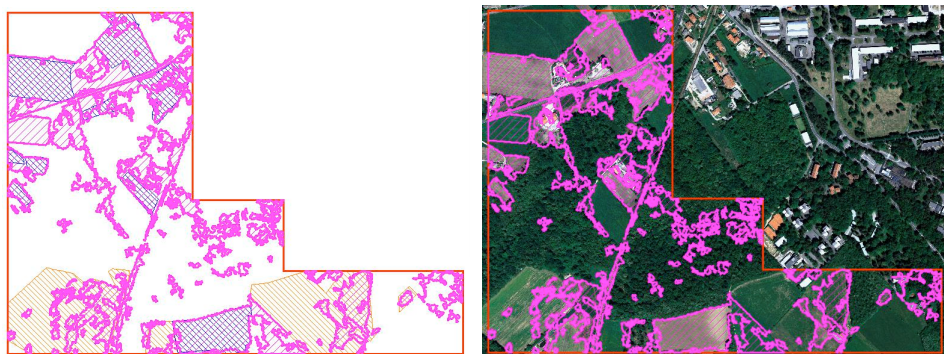
Tabela 2. Zestawienie parametrów danych

Typ	Obliczone		Poprawione		Ostateczne	
	D	G	D	G	D	G
1	2	3	4	5	6	7
las	-19,5	74,5	0	75	0	17
laka	73,5	91,5	74	92	73	110
dr	18,75	33,75	19	34	18	36
or	37,5	69,5	38	70	37	72
lo	59,5	109,5	60	110	połączony z dr i laka (rys. 4)	

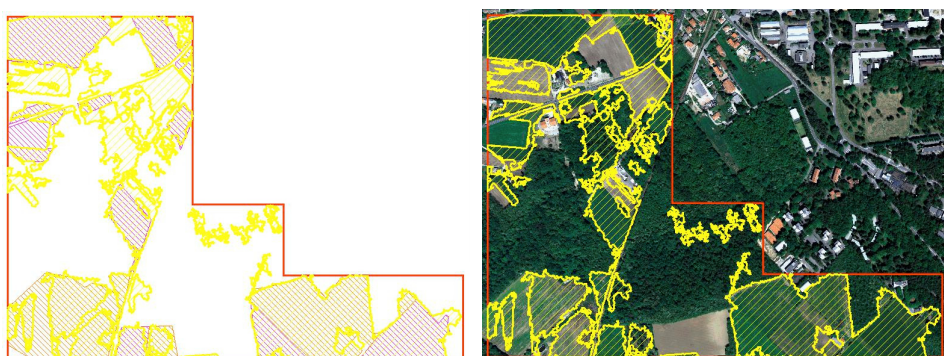
Ostatnim etapem prezentacji wyników są zasięgi sklasyfikowanych punktów na tle zasięgów zwektoryzowanych oraz na tle ortofotomapy. Zasięgi poszczególnych typów pokrycia terenu obrysowane pogrubioną kolorową linią wypełnione są szrafurą ukośną w lewą stronę (typ_int), natomiast obszary zwektoryzowane zaznaczone są cienką linią i szrafurą ukośną w prawą stronę (typ_wekt).



Rysunek 8. Zasięg las_int (błękitny) na tle las_wekt (czarny) oraz las_int na tle ortofotomapy



Rysunek 9. Zasięg or_int (fiolet) na tle or + lo_wekt (pomarańcz i granat) oraz or_int na tle ortofotomapy



Rysunek 10. Zasięg laka_int (żółty) na tle or + lo_wekt (pomarańcz i granat) oraz laka_int na tle ortofotomapy

Część wspólna obszarów, czyli prawidłowo sklasyfikowane przy użyciu współczynnika intensywności tereny wyróżnione zostały więc szrafurą kratkowaną (jako złożenie ukośnej w lewo i ukośnej w prawo). Ze względu na słabo widoczny obszar dróg z wektoryzacji – kolor pomarańczowy (cz. północno-zachodnia oraz centralna obszar badań) zrezygnowano z umieszczenia jego obrysu na tle ortofotomapy. Na rysunku 8 mniejsze obszary zadrzewione nie zostały zwektoryzowane (kolor czarny), a zostały wykryte poprzez współczynnik intensywności, co uwidoczniło na tle ortofotomapy.

WNIOSKI

Włączenie współczynnika intensywności do analiz na etapie klasyfikacji chmury punktów może okazać się pomocne. Wysoka roślinność zielona (drzewa) wykazuje bardzo niski współczynnik intensywności odbicia (0–15), następnie wyższy mają drogi (18–36), jeszcze wyżej są grunty orne (37–73) oraz łąki (73–110). Ponadto przeglądnięto punkty o wartościach powyżej 110, co pozwoliło na wykrycie ogrodzenia dookoła jednego z pól, które na ortofotomapie było widoczne dopiero po wnikliwej analizie. Aby w pełni produkcyjnie wykorzystywać tego typu klasyfikację należałoby usprawnić proces ustalania wartości przedziałów odpowiedzialnych za poszczególne typy pokrycia terenu, gdyż analiza histogramów dla pól o znanym pokryciu wydaje się metodą mało wydajną.

BIBLIOGRAFIA

- Adamczyk J., Będkowski K. *Odzworowanie wybranych obiektów krajobrazu w danych lotniczego skanowania laserowego*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji Vol.17, 2007, s. 1–10.
- Larose D.T. *Odkrywanie wiedzy z danych*. Wprowadzenie do eksploracji danych. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2006.
- TerraScan. *User Manual*. 2006, <http://www.terrasolid.fi>.

Mgr inż. Artur Warchoł
e-mail: awarchol@ar.krakow.pl
Katedra Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 253 a, 30-198 Kraków
telefon: 0-12 662 45 18, fax: 0-12 662 45 39

Recenzent: *Prof. dr hab. Zbigniew Piasek*